

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Návrh třídící linky štěrkopísku

Proposal of Sorting Plant by Gravel Sand

Student:

Bc. Jaroslav Stoklasa

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D.

Ostrava 2016

Tady bude naskenované zadání diplomky, oboustraně!!!

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a

náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.

- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jaroslav Stoklasa

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Englišova 1444/48

746 01, Opava

Poděkování:

Děkuji mému vedoucímu diplomové práce p. doc. Ing. Leopoldu Hrabovskému, Ph.D. za odborné rady, které jsem použil při vypracování této práce. Dále děkuji své rodině za podporu při studiu na vysoké škole.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jaroslav Stoklasa: Návrh třídící linky štěrkopísku

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D.

STOKLASA, Jaroslav. *Návrh třídící linky štěrkopísku*. Ostrava, 2016, 57 s. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D.

Tato diplomová práce se zabývá rekonstrukcí existující linky pro třízení štěrkopísku. Vlastníkem linky je podnik Sušárna Kratonohy a.s. První část práce obsahuje všeobecný popis těžby a zpracování vytěženého štěrkopísku. Druhá část práce se zabývá technologickými, pevnostními a výkonnostními výpočty všech dopravníků dle normy ČSN ISO 5048 [1]. Třetí část práce obsahuje konstrukční úpravy a návrhy pro optimalizace jednotlivých dopravníků a celé linky.

ANNOTATION OF MASTER'S THESIS

Bc. Jaroslav Stoklasa: Proposal of Sorting Plant by Gravel Sand

The thesis leader: doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D.

STOKLASA, Jaroslav. *Proposal of Sorting Plant by Gravel Sand*. Ostrava, 2016, 57 s. Master's thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. Thesis leader doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D.

This thesis deals with the reconstruction of existing sorting plant by gravel sand. The owner of the line is an enterprise Sušárna Kratonohy Inc. The first part contains a general description of the mining and processing of mined gravel sand. The second part deals with technological, strength and performance calculations of conveyors according to ČSN ISO 5048 [1]. The third part contains design modifications and suggestions for optimizing individual conveyors and the whole line.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk:	10
1. Úvod	12
1.1. Co je to štěrkopísek	12
1.2. Těžba štěrkopísku	12
1.2.1. Suchá cesta těžby štěrkopísku	12
1.2.2. Mokrý cesta těžby štěrkopísku	13
1.3. Doprava štěrkopísku z vody na břeh	14
1.4. Doprava štěrkopísku k dalšímu zpracování	15
1.5. Třízení štěrkopísku podle velikosti zrna	15
1.6. Násypka	16
1.7. Dopravní část	16
1.8. Třídíčka	18
1.9. Odvod vytřízeného materiálu	19
2. Původní stav třídící linky štěrkopísku	20
2.1 Násypka	21
2.2 Dopravní pás č. 1	21
2.3 Drtič štěrkopísku	22
2.4 Dopravní pás č. 2	22
2.5 Vibrační třídíčka štěrkopísku	23
2.6 Dopravní pás č. 3	23
2.7 Dopravní pás č. 4	24
2.8 Uložení vytřízeného materiálu	24
3. Výpočet dopravního pásového dopravníku č. 2	25
3.1. Zadané parametry	25
3.1.1. Parametry dopravovaného materiálu	25
3.1.2. Parametry pásu a válečků	25
3.2. Výpočet náplně pásu S	26
3.2.1. Teoretický průřez materiálu	26
3.2.2. Výpočet dopravního výkonu	26
3.2.3. Porovnání S a S_p	27
3.2.4. Objemový dopravní výkon	27
3.2.5. Hmotnostní dopravní výkon	27
3.3. Volba pásu	28
3.3.1. Parametry pásu	28
4. Výpočet obvodové síly F_u	29
4.1. Výpočet hlavního odporu	29
4.1.1. Hmotnost rotujících válečků v horní větvi dopravníku	29
4.1.2. Hmotnost rotujících válečků ve spodní větvi dopravníku	29

4.1.3.	Hmotnost 1m dopravního pásu.....	30
4.1.4.	Hmotnost dopravovaného materiálu na 1m pásu	30
4.2.	Výpočet vedlejšího odporu	30
4.2.1.	Odpor setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování	31
4.2.2.	Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením	31
4.2.3.	Odpor ohybu textilního pásu na bubnech.....	31
4.2.4.	Odpor v ložiskách bubnu	32
4.3.	Výpočet přidavných odporů.....	32
4.3.1.	Odpor mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením	32
4.3.2.	Odpor čističe pásu	32
4.4.	Odpor k překonání dopravní výšky	33
5.	Potřebný výkon pohonu a kontrola napětí v pásu	33
5.1.	Výpočet výkonu poháněcího motoru.....	33
5.1.1.	Provozní výkon na poháněcím bubnu	33
5.1.2.	Provozní výkon poháněcího motoru.....	33
5.1.3.	Volba poháněcího motoru	34
5.2.	Síly v pásu.....	34
5.2.1.	Tahová síla v odbíhající větvi pásu	34
5.2.2.	Tahová síla v nabíhající větvi pásu	35
5.2.3.	Doplňkový úhel	35
5.2.4.	Výpočet celkové tahové síly.....	35
5.3.	Kontrolní výpočty	36
5.3.1.	Krouticí moment hnacího bubnu	36
5.3.2.	Minimální tahová síla v pásu, pro přenos síly z bubnu na pás:	36
5.3.3.	Min. napínací síla v horní větvi pásu pro minimální průvěs pásu.....	37
5.3.4.	Min. napínací síla ve spodní větvi pásu, pro minimální průvěs pásu.....	37
5.3.5.	Kontrola otlačení bubnu o pás	38
5.3.6.	Kontrola skutečného dopravovaného množství.....	38
5.3.7.	Kontrola pevnosti dopravního pásu.....	39
5.4.	Grafická metoda výpočtu.....	39
5.4.1.	Tah ve větvi 0-1:.....	40
5.4.2.	Tah ve větvi 1-2:.....	40
5.4.3.	Tah ve větvi 2-3:.....	40
5.4.4.	Tah ve větvi 3-0:.....	41
5.4.5.	Celkové tahy v pásu.....	41
6.	Přehled ostatních dopravníků	42
6.1.	Dopravník č. 1.....	42
6.1.1.	Tabulka vypočtených hodnot	42
6.1.2.	Tabulka zvoleného motoru	42

6.1.3.	Tabulka pevnostních kontrol	43
6.1.4.	Tabulka reálných parametrů	43
6.2.	Dopravník č. 3.....	43
6.2.1.	Tabulka vypočtených hodnot	43
6.2.2.	Tabulka zvoleného motoru	44
6.2.3.	Tabulka pevnostních kontrol	44
6.2.4.	Tabulka reálných parametrů	44
6.3.	Dopravník č. 4.....	45
6.3.1.	Tabulka vypočtených hodnot	45
6.3.2.	Tabulka zvoleného motoru	45
6.3.3.	Tabulka pevnostních kontrol	46
6.3.4.	Tabulka reálných parametrů	46
7.	Navrhované konstrukční změny.....	47
7.1.	Konstrukční změny u dopravního pásu č. 1	47
7.2.	Konstrukční změny u dopravního pásu č. 2.....	48
7.3.	Konstrukční změny u dopravního pásu č. 3.....	50
7.4.	Konstrukční změny u dopravního pásu č. 4.....	52
8.	Závěr	53
	Seznam použité literatury:.....	55
	Seznam výkresů:	57
	Seznam příloh:.....	57

Seznam použitých symbolů a zkratek:

$(h/a)_{adm}$	dovolený relativní průvěs pásu mezi válečky	[m]
a_o	rozteč horních válečkových stolic	[m]
a_u	rozteč dolních válečkových stanic	[m]
b	ložná šířka pásu	[m]
B	šířka dopravního pásu	[m]
F	dovolená síla v pásu	[N]
F_2	min. tahová síla v pásu pro přenos síly z bubnu na pás	[N]
F_{dov}	max. dovolená síla v pásu	[N]
$F_{n\ min}$	min. napínací síla v horní větvi pásu pro min. průvěs pásu	[N]
F_n	tahová síla v nabíhající větvi pásu	[N]
F_o	tahová síla v odbíhající větvi pásu	[N]
$F_{s\ min}$	min. napínací síla ve spodní větvi pásu, pro min. průvěs	[N]
F_u	obvodová síla	[N]
F_v	celková tahová síla	[N]
k_s	koeficient bezpečnosti	[-]
k_φ	koeficient plnění	[-]
L	délka trati	[m]
l_3	délka středního válečku u 3. vál. trati	[m]
M_k	krouticí moment na hnacím bubnu	[Nm]
M_{kv}	kontrolní krouticí moment elektrobubnu	[Nm]
n	otáčky bubnu	[ot/min]
p	otlačení bubnu o pás	[MPa]
P	výkon elektromotoru bubnu	[W]
p_1	počet válečků ve stolici horní větvi dopravníku	[-]
p_2	počet válečků ve stolici ve spodní větvi pásu	[-]
P_{dov}	dovolené namáhání dopravního pásu v tahu	[MPa]

Q	dopravní výkon trati	[kg/h]
q_1	hmotnost 1 válečku v horní větvi dop. pásu	[kg]
q_2	hmotnost 1 válečku ve spodní větvi dop. pásu	[kg]
Q_m	hmotnostní dopravní výkon	[kg/h]
Q_{ms}	skutečné hmotnostní dopravované množství	[kg/h]
q_{ro}	hmotnost rotujících válečku v horní větvi dopravníku	[kg]
q_{ru}	hmotnost rotujících válečků ve spodní větvi dopravníku	[kg]
Q_v	objemový dopravní výkon	[m ³ /s]
Q_{vs}	skutečné objemové dopravní množství	[m ³ /s]
S	celkový průřez náplně pásu	[m ²]
S_1	horní průřez náplně pásu	[m ²]
S_2	spodní průřez náplně pásu	[m ²]
S_p	teoretický průřez materiálu	[m ²]
t	rozteč mezi drážkami pásu	[m]
t_1	rozteč mezi válečkovými stolicemi v horní větvi dopravníku	[m]
T_1	tah ve větvi 0-1	[N]
t_2	rozteč mezi válečkovými stolicemi ve spodní větvi dopravníku	[m]
T_2	tah ve větvi 1-2	[N]
T_3	tah ve větvi 2-3	[N]
T_4	tah ve větvi 3-0	[N]
T_{max}	celková tahová síla	[N]
v	rychlost pásu	[m/s]
v_s	skutečná rychlost dopravního pásu	[m/s]
α	úhel dopravní trati	[°]
γ	doplňkový úhel	[°]
λ	úhel sklonu válečků	[°]
φ	úhel opásání hnacího bubnu	[°]
μ	součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem	[-]

1. Úvod

1.1. Co je to štěrkopísek

Štěrkopísek je netříděné kamenivo, které obsahuje hrubou i jemnou frakci šterku a písku. Využívá se ve stavebnictví a v betonárnách pro výrobu betonu nižší třídy.

1.2. Těžba štěrkopísku

1.2.1. Suchá cesta těžby štěrkopísku

Štěrkopísek se většinou těží v ložiscích, která se dobývají z tzv. štěrkopískových teras. Ty se nacházejí poblíže velkých toků řek. Ložiska mohou být v jedné, ale i ve více řezech, které se pak dobývají postupně.

Štěrkopísek se těží pomocí pásových nebo kolesových rypadel.



Obr. 1.1 – pásové rypadlo [7]



Obr. 1.2 - Kolesové rypadlo [8]

1.2.2. Mokrý cesta těžby štěrkopísku

Pomocí mokré cesty se štěrkopísek dobývá z vody. Může se jednat o řeku, nebo zdroj spodní vody. Na území České republiky se 70% štěrkopísku těží právě mokrou cestou.

Mokrou cestou se štěrkopísek těží dvěma způsoby:

Rypadlo umístěné na břehu – rypadlo je umístěno na břehu a pomocí lžíce nabírá těžný materiál. Ten pak následně vysype na pásový dopravník, nebo jiné dopravující zařízení, k dalšímu zpracování. Tato metoda se využívá u malých hloubek.

Plovoucí rypadlo – rypadlo je umístěno na plujících pontonech, nebo se jedná přímo o speciálně upravené plavidlo. Metoda těžby může být jednoduchá, tzv. pomocí lžíce (na rameni, nebo na jeřábové kočce), nebo sací metodou. Ta spočívá v principu nasávání štěrkopísku s vodou a následné odloučení vody a materiálu.



Obr. 1.3 - Sací bagr [9]

1.3. Doprava štěrkopísku z vody na břeh

Vytěžený štěrkopísek se může na břeh dopravovat dvěma způsoby.

Nejjednodušší způsob je takový, že drapák nabere štěrkopísek ze dna řeky. Materiál zůstane v drapáku (lžíci) a celý ponton se přemístí ke břehu, kde se následně štěrkopísek přesype na pásový dopravník, nebo nákladní auto. Tento způsob dopravy je bohužel pomalý a neefektivní.

Dalším způsobem dopravy může být plovoucí pásový dopravník. Ten je konstruován tak, že podpěry dopravníku jsou umístěny na plovoucích pontonech, které tak umožňují dopravovat vytěžený štěrkopísek kontinuálně na břeh. Tato metoda je dražší a složitější na údržbu, ale velice efektivní.



Obr. 1.4 - Plovoucí pásový dopravník [10]

1.4. Doprava štěrkopísku k dalšímu zpracování

Po vytěžení se štěrkopísek musí přepravit k dalšímu zpracování. Jelikož vytěžíme suspenzi o různorodé velikosti zrn, je nutné je vytrídít tak, aby bylo možné jej následně využít ve stavebnictví, či jiném průmyslovém odvětví.

Dopravu štěrkopísku lze realizovat buď pomocí nákladních automobilů, železnice nebo dálkovým pásovým dopravníkem.



Obr. 1.5 - dopravní vagón pro sypký materiál [11]

1.5. Třízení štěrkopísku podle velikosti zrna

Třídíčka štěrkopísku funguje na principu vibračního síta, nebo rotujícího válce. Každá třídíčka obsahuje násypku, dopravní část, třídící síto nebo rotující buben a odvod vytřízené složky.

1.6. Násypka

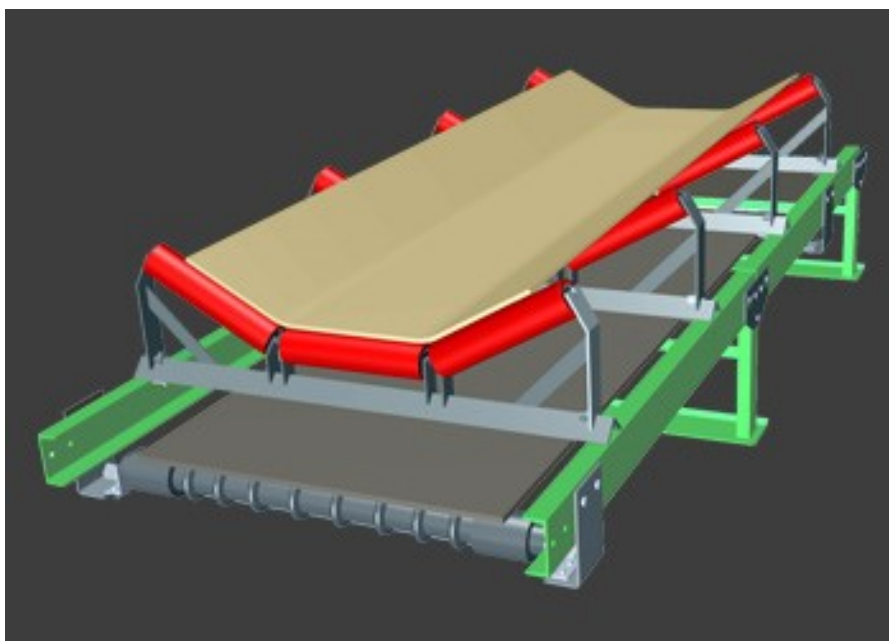
Násypka slouží jako zásobník pro dané zařízení. Může mít spoustu tvarů, ovšem výstup by měl mít tvar obdélníku nebo čtverce z důvodu rovnoměrného rozložení materiálu po celé šířce pásu. Vyrábí se z ořezavzdorného materiálu.



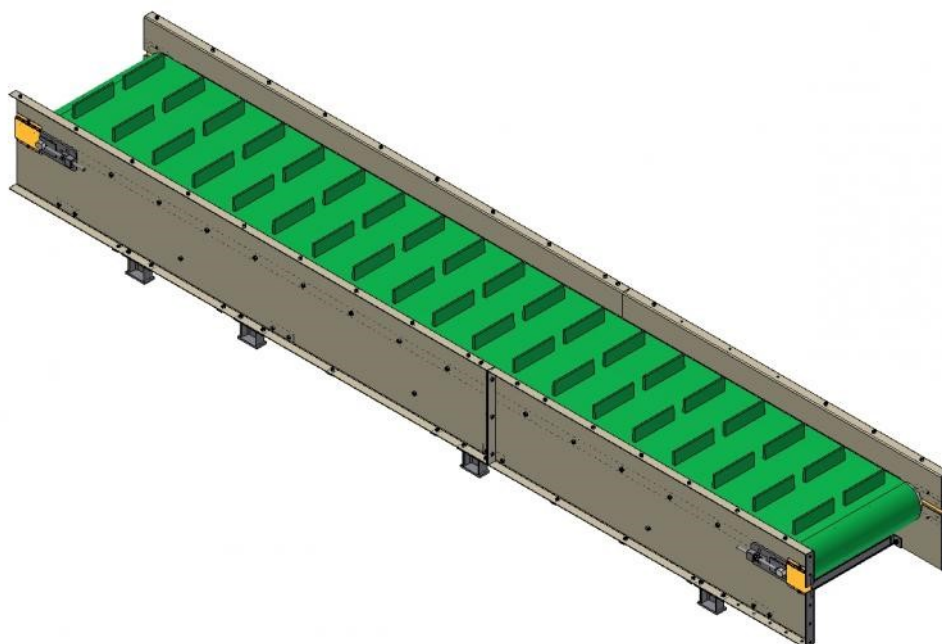
Obr. 1.6 - Násypka [12]

1.7. Dopravní část

Doprava šterkopísku je realizována pomocí pásového dopravníku. Z násypky je materiál rovnoměrně nasypáván na dopravní pás, který ho nepřetržitě dopravuje k sítu třídičky. Dopravník může obsahovat jednoduchý hladký pás, nebo pás, který je opatřen různými perforacemi či drážkami. Ty zabrání zpětnému posunutí materiálu po samotném pásu.



Obr. 1.7 - Hladký pás dopravníku [13]



Obr. 1.8 - Perforovaný dopravní pás [14]

1.8. Třídíčka

Třídíčky mohou být založeny na principu vibrací nebo na rotaci děrovaného bubnu. Rotační děrovaný buben se využívá spíše u mobilních třídíček a v menších průtocích materiálu. Vibrační třídíčky se využívají jako stacionární stroje, ke kterým je nutné materiál nejprve dopravit.

Bubnová třídíčka obsahuje velký, děrovaný buben, který rotuje okolo vlastní osy. Buben je pro zajištění postupného posouvání materiálu v bubnu mírně nakloněn. Děrování bubnu je postupně odstupňované tak, aby na začátku vypadla nejjemnější frakce a dále stále hrubší, až z konce bubnu vypadnou největší kusy materiálu.



Obr. 1.9 - Bubnová třídíčka [15]

Vibrační třídíčka je založena na principu vibrací jednotlivých sít nad sebou. Ty mohou být až ve 4 vrstvách, čímž získáme až 5 separátních velikostí zrna od nejhrubších balvanů, po nejjemnější písek.



Obr. 1.10 - Vibrační třídička [16]

1.9. Odvod vytríženého materiálu

Po průchodu a vytrízení materiálu třídičkou je nutné vytrízený materiál odvézt pryč. U malých a mobilních třídících zařízení se toto děje pomocí skluzů a vytrízený materiál se kopí v těsné blízkosti třídičky a je nutné ho ihned odebírat. U velkých stacionárních zařízení jsou k této dopravě používány pásové dopravníky. Jejich počet je závislý na počtu vytrízených frakcí. U běžných stacionárních zařízení může být od 2 do 5 pásových dopravníků, které vytrízený materiál kontinuálně odvádějí pryč na hromady.



Obr. 1.11 - Odvod vytrízených frakcí [17]

2. Původní stav třídicí linky štěrkopísku

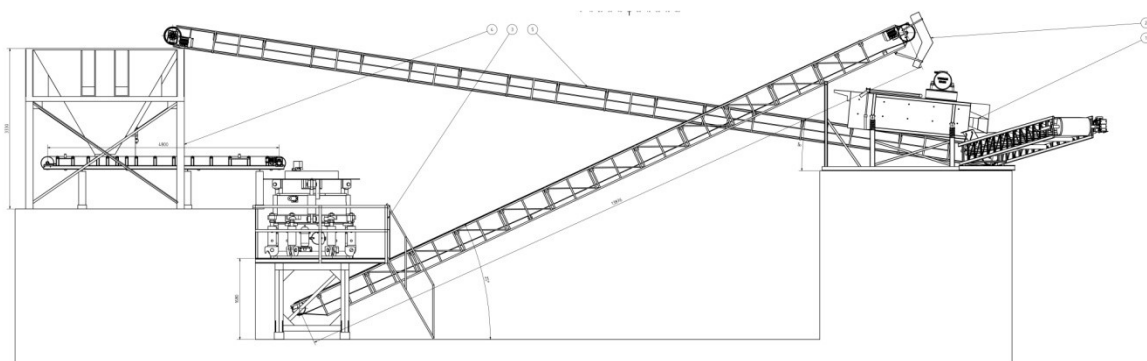
Současný stav třídičky štěrkopísku se nachází v obci Kratonohy, poblíž Hradce Králové. Třídička štěrkopísku je umístěna v blízkosti čtyř rybníků, odkud se těží materiál pro drcení a třízení.

Jakmile se štěrkopísek odtěží ze dna rybníku, je pomocí lžíce buldozeru, nebo drapáku, vysypán do násypky, která plní i funkci zásobníku. Podávající dopravník postupně odebírá materiál z násypky a dopravuje ho pomocí pěti metrového dopravníkového pásu do kuželového drtiče štěrkopísku vyrobeného společností Národní Podnik Přerov v roce 1989.

Po průchodu materiálu kuželovým drtičem se štěrkopísek vysypává přímo na druhý dopravníkový pás. Tento dopravníkový pás dopraví drcený štěrkopísek přímo k vibrační třídičce vyrobenou firmou Vibros.

Vibrační třídička štěrkopísku třídí na 3 různé frakce. Nejhrubší frakce zůstává hned na prvním sítu a vysypává se na třetí dopravní pás, který tuto frakci odveze zpět do násypky k opětovnému drcení.

Celá sestava třídičky štěrkopísku je situována tak, že násypka je nejvýše ze všech zařízení. Druhý dopravníkový pás je pod sklonem 25° a dopravuje drcenou směs do výšky 6,5 m, kde drcená směs padá na vibrační síta.

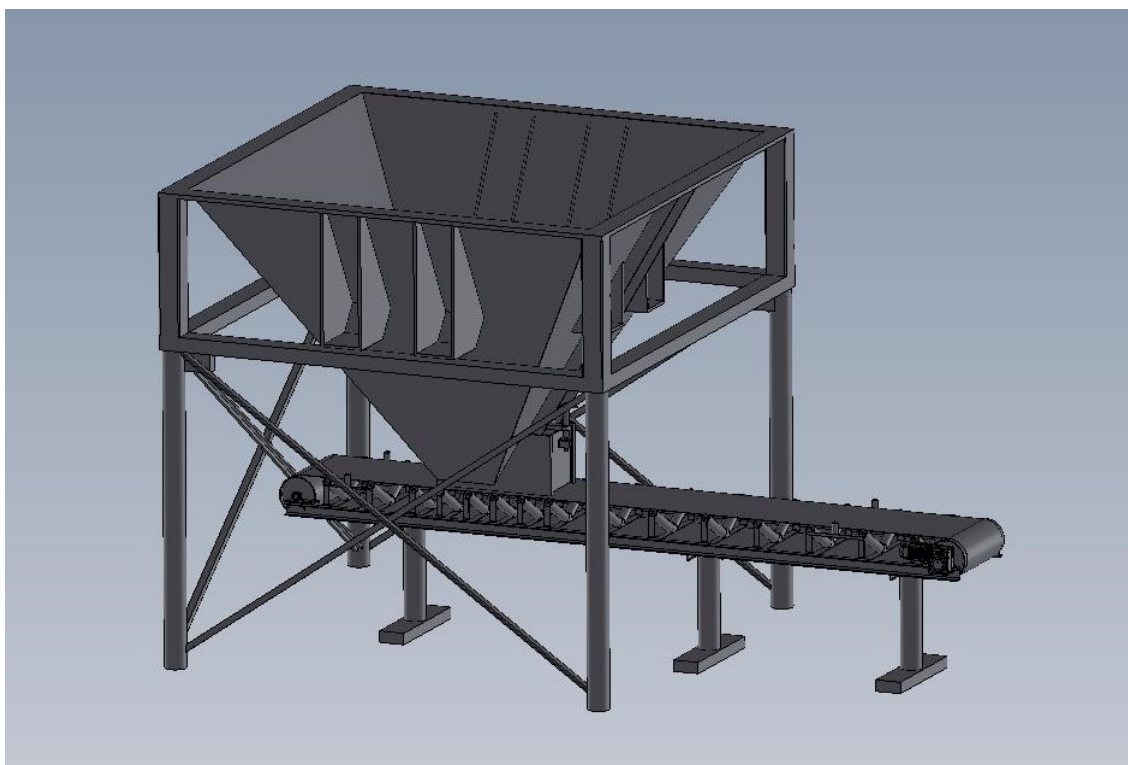


Obr. 2.1 – výkres sestavy

Jestliže se stane, že drtičkou projdou větší kusy materiálu, jsou zachyceny hned na prvním sítu a odvedeny dopravníkem č. 3 zpět do násypky. Tento systém je velice účinný a využije se všechen vytěžený štěrkopísek.

2.1 Násypka

Násypka slouží jako zásobník pro kuželovou drtičku a poté třídičku štěrkopísku. Má tvar čtvercového kužele a spodní výpustný otvor má čtvercový průřez. U spodního výpustného otvoru násypky je umístěno zařízení, které má za úkol redukovat nasypávaný materiál na pás. Jedná se o jednoduché zařízení na principu stavidla.



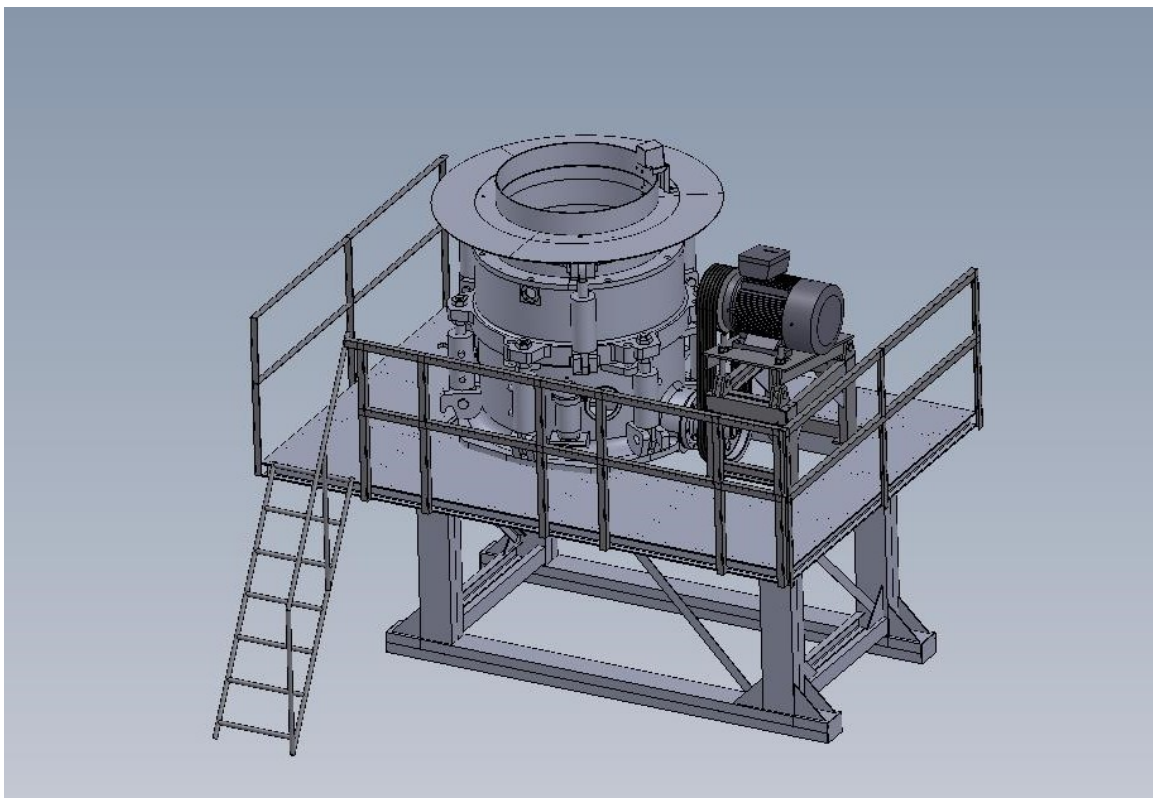
Obr. 2.2 – Násypka s pásovým dopravníkem č. 1

2.2 Dopravní pás č. 1

Dopravní pás č. 1 slouží jako podavač pro drtičku štěrkopísku. Jeho délka je 4,8 m, válečky mají sklon 30° a průřez pásu je tedy do V. Tento dopravník je horizontální. Pohon je zajištěn pomocí elektromotoru s převodovkou, která přenáší krouticí moment na hnací buben a pás. Na konci tohoto pásu není shrnovač a dopravovaný materiál přepadává přes vratný buben přímo do drtiče štěrkopísku.

2.3 Drtič štěrkopísku

V současném stavu třídící linky je použit kuželový mlýn typu DKT 900 GA. Tento kuželový mlýn je určený pro drcení materiálu do 400 MPa s vlhkostí do 5 %. Kuželový mlýn je poháněn třífázovým asynchronním elektromotorem o výkonu 55 kW a otáčkách 970 ot/min. Elektromotor je s kuželovým mlýnem propojen pomocí napínací řemenice se čtyřmi klínovými řemeny.



Obr. 2.3 – Kuželový mlýn s elektromotorem

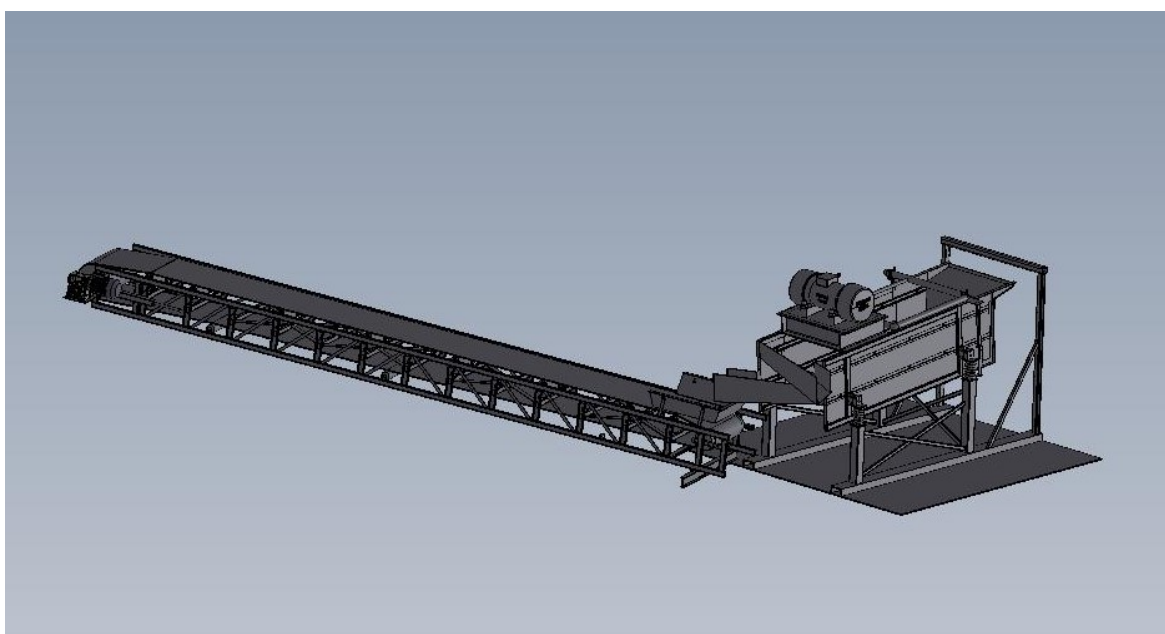
2.4 Dopravní pás č. 2

Dopravní pás č. 2 slouží k odvodu drceného materiálu přímo do třídičky štěrkopísku. Jeho délka je 13,9 m a má sklon 25°. Dopravuje materiál do výšky 6,35 m. Pohon je zajištěn pomocí elektromotoru s převodovkou. Na konci tohoto pásu je umístěna výsypka, která dopravovaný materiál usměrní přímo na první síto třídičky štěrkopísku.

2.5 Vibrační třídíčka štěrkopísku

Vibrační třídíčka štěrkopísku, vyrobená firmou Vibros s.r.o., je založena na principu vibračních sít, která jsou nad sebou. Nad nejhrubějším sítím je umístěn generátor kmitů typu NA66. Tato vibrační třídíčka umí třídit na 3 různé frakce podle velikosti jednotlivých zrn.

Nejhrubší frakce je větší než 16 mm a je zachycena hned na prvním vibračním sítu a odvedena na dopravní pás č. 3. Středně jemná frakce má velikost jednotlivých zrn od 8 mm do 16 mm. Tato frakce je odvedena po skluzu na dopravní pás č. 4 a odvezena na kupu. Třetí frakce je jemná frakce a má velikost zrna pod 8 mm. Tato jemná zrna propadnou i posledním sítím a hromadí se na kopě přímo pod třídíčkou.



Obr. 2.4 – Vibrační třídíčka a pásový dopravník č. 4

2.6 Dopravní pás č. 3

Dopravní pás č. 3 slouží k odvodu nejhrubší frakce zpět do násypky, odkud se hrubý materiál dostane zpět do drtiče. Tento pás je nejdelší z celé sestavy a má délku 17,7 m a sklon 8°. Pohon je zajištěn elektromotorem s převodovkou.

2.7 Dopravní pás č. 4

Dopravní pás č. 4 slouží k odvodu středně jemné frakce (8 – 16 mm). Jeho délka je 7 m a sklon pásu je 5°. Pohon pásu je zajištěn elektromotorem s převodovkou. K vyprazdňování pásu je použit princip přepadu přes vratný buben. Středně jemný štěrkopísek se hromadí na kupu.

2.8 Uložení vytřízeného materiálu

Vytřízený materiál je uložen ve formě kopy a ohraničen ze tří stran betonovou zdí, kde se následně nakládá na korby nákladních automobilů a je odvážen k dalšímu zpracování.

3. Výpočet dopravního pásového dopravníku č. 2

Tato diplomová práce je zaměřena na rekonstrukci existující linky pro drcení a třzení vytěženého štěrkopísku. Pro detailnější výpočet byl zvolen dopravní pás č. 2, který je z celé linky nejvíce namáhaný. Výpočet byl proveden dle normy ČSN ISO 5048 [1]. Výpočet zbývajících dopravních pásů je přiložen v přílohách.

3.1. Zadané parametry

Délka trati: $L = 13876 \text{ mm}$

Úhel dopravní trati: $\alpha = 25^\circ$

Dopravní výkon trati: $Q = 100 \text{ t/h}$

3.1.1. Parametry dopravovaného materiálu

Dopravovaná hmota	Hustota materiálu $\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$	Sypná hustota materiálu $\rho_s \text{ [kg/m}^3\text{]}$	Úhel vnitřního tření $[\circ]$	Dynamický sypný úhel $Y_d \text{ [}^\circ\text{]}$
štěrkopísek	1800	1750	35	18

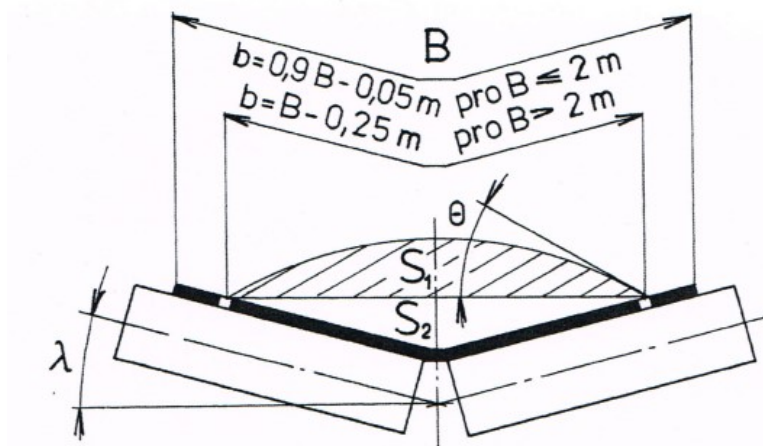
Tab. 3.1 – parametry dopravovaného materiálu

3.1.2. Parametry pásu a válečků

Šířka dopravního pásu $B \text{ [mm]}$	Úhel sklonu válečků $\lambda \text{ [}^\circ\text{]}$
650	20

Tab. 3.2 – parametry pásu a válečků

3.2. Výpočet náplně pásu S



Obr. 3.1 – Profil náplně pásu [1]

3.2.1. Teoretický průřez materiálu

Rychlost pásu volím $v = 0,8 \text{ m/s}$

Koeficient plnění $< 0,7 ; 0,9 > [-]$ volím $k_\varphi = 0,9$

$$S_p = \frac{Q}{\rho \cdot 3600 \cdot v \cdot k_\varphi} = \frac{100000}{1750 \cdot 3600 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 0,022 \text{ m}^2$$

3.2.2. Výpočet dopravního výkonu

$l_3 = 0 \Rightarrow$ jedná se o dvou válečkovou trať

$$b = 0,9 \cdot B - 0,05 = 0,9 \cdot 0,65 - 0,05 = 0,535 \text{ m}$$

$$S_1 = [l_3 + (b - l_3) \cdot \cos \lambda]^2 \cdot \frac{\tan Y_d}{6}$$

Z důvodu vyššího úhlu dopravníku $Y_d = 25^\circ$, než je úhel vnitřního tření $\lambda = 18^\circ$, se výpočtový průřez S_1 nedá použít.

$$S_2 = \left(l_3 + \frac{b - l_3}{2} \cdot \cos \lambda \right) \cdot \left(\frac{b - l_3}{2} \cdot \sin \lambda \right) = \left(\frac{0,535}{2} \cdot \cos 20 \right) \cdot \left(\frac{0,535}{2} \cdot \sin 20 \right) \\ = 0,023 \text{ m}^3$$

$$S = S_1 + S_2 = 0 + 0,023 = 0,023 \text{ m}^3$$

Do výpočtu dle normy ČSN ISO 5048 [1] patří i koeficient součinitele sklonu K. Z důvodu vysokého sklonu dopravníku $Y_d = 25^\circ$ tento koeficient nemůžeme použít.

3.2.3. Porovnání S a S_p

Musí být zajištěna podmínka, že skutečný průřez náplně musí být větší, než požadovaný vypočtený průřez náplně pásu.

$$S > S_p$$

$$0,023 \text{ m}^3 > 0,022 \text{ m}^3$$

Podmínka splněna

Šířka bubnu B = 650 mm vyhovuje.

3.2.4. Objemový dopravní výkon

$$Q_V = S \cdot v = 0,023 \cdot 0,8 = 0,0184 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.5. Hmotnostní dopravní výkon

$$Q_m = 3600 \cdot Q_V \cdot \rho = 3600 \cdot 0,0184 \cdot 1750 = 115920 \text{ kg/h} = 115,9 \text{ t/h}$$

$$Q_m > Q$$

$$115,9 \text{ t/h} > 100 \text{ t/h}$$

Podmínka splněna

3.3. Volba pásu

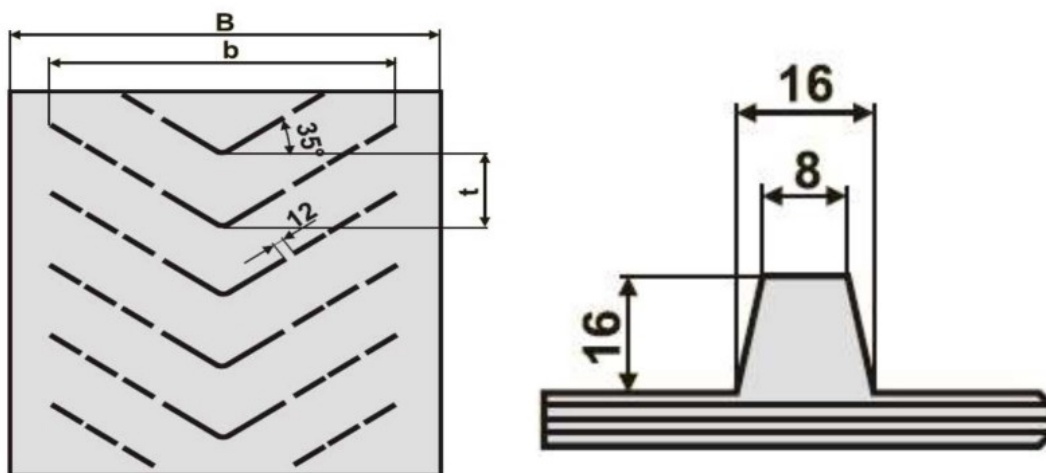
Z důvodu vysokého sklonu pásového dopravníku musíme zvolit perforovaný pás, který pomůže zvýšit efektivitu dopravy. Byl zvolen pás, který obsahuje profil šípu, ten může být použitý i u dvou válečkové stolice.

Použitý pás je od výrobce DvB-AF s.r.o. - typ 16-5.

3.3.1. Parametry pásu

B [mm]	b [mm]	t [mm]	min. průměr bubnu [mm]	max. sklon pásu [°]	Možnost provozu ve žlabu
650	565-615	200	250	30	ano

Tab. 3.3 – parametry zvoleného pásu



Obr. 3.2 Profilovaný pás firmy DvB-AF s.r.o. [3]

4. Výpočet obvodové síly F_u

Obvodová síla F_u je potřebná na obvodu poháněcího bubnu, abychom dopravní pás uvedli do pohybu. Vypočte se součtem všech odporů, které vznikají v celé soustavě pásového dopravníku.

4.1. Výpočet hlavního odporu

Hlavní odpor se vztahuje na odpor v ložiscích válečků v horní i dolní větvi dopravníku, odpor způsobený zamačkáváním válečků do dopravního pásu a cyklickým ohýbáním dopravního pásu od hmotnosti dopravovaného nákladu.

4.1.1. Hmotnost rotujících válečků v horní větvi dopravníku

$q_1 = 2,8 \text{ kg}$ - hmotnost jednoho válečku v horní větvi dopravníku

$p_1 = 2$ - počet válečků ve stolicí horní větvi dopravníku

$t_1 = 1,03 \text{ m}$ - rozteč mezi válečkovými stolicemi v horní větvi dopravníku

$$q_{ro} = \frac{q_1 \cdot p_1}{t_1} = \frac{2,8 \cdot 2}{1,03} = 5,44 \text{ kg/m}$$

4.1.2. Hmotnost rotujících válečků ve spodní větvi dopravníku

$q_2 = 5,1 \text{ kg}$ - hmotnost jednoho válečku ve spodní větvi dopravníku

$p_2 = 1$ - počet válečků ve stolicí spodní větvi dopravníku

$t_2 = 5,14 \text{ m}$ - rozteč mezi válečkovými stolicemi ve spodní větvi dopravníku

$$q_{ru} = \frac{q_2 \cdot p_2}{t_2} = \frac{5,1 \cdot 1}{5,14} = 0,99 \text{ kg/m}$$

4.1.3. Hmotnost 1m dopravního pásu

$m_p = 6,2 \text{ kg/m}$ - hmotnost 1m dopravního pásu

$$q_B = m_p \cdot B = 6,2 \cdot 0,65 = 4,03 \text{ kg/m}$$

4.1.4. Hmotnost dopravovaného materiálu na 1m pásu

$Q_v = 0,0184 \text{ m}^3/\text{s}$ - objemový dopravní výkon

$\rho = 1750 \text{ kg/m}^3$ - sypná hustota materiálu

$v = 0,8 \text{ m/s}$ - rychlost pásového dopravníku

$$q_G = \frac{Q_v \cdot \rho}{v} = \frac{0,0184 \cdot 1750}{0,8} = 40,25 \text{ kg/m}$$

$f = 0,02$ - globální součinitel tření, dán normou [1]

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - gravitační zrychlení

$L = 13,876 \text{ m}$ - délka dopravníku

$\delta = 25^\circ$ - úhel sklonu dopravníku

$$\begin{aligned} F_H &= f \cdot L \cdot g \cdot [q_{ro} + g_{ru} + (2 \cdot q_B + q_G) \cdot \cos \delta] \\ &= 0,02 \cdot 13,876 \cdot 9,81 \cdot [6,05 + 1,1 + (2 \cdot 4,03 + 40,25) \cdot \cos 25] \\ &= 136,7 \text{ N} \end{aligned}$$

4.2. Výpočet vedlejšího odporu

Pro lepší a přesnější výpočet obvodové síly F_u musíme do výpočtu zahrnout i součet vedlejších odporů. Do vedlejších odporů řadíme odpor setrvačných sil v místě nakládání, odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením, odpor ohybu pásu na bubnu a odpor v ložiscích bubnu. Všechny tyto vztahy jsou dány normou [1].

4.2.1. Odpor setrvačných sil v místě nakládání a v oblasti urychlování

$v = 0,8 \text{ m/s}$ - rychlost pásového dopravníku

$v_0 = 0 \text{ m/s}$ - složka rychlosti dopravované hmoty ve směru pohybu pásu

$$F_{ba} = Q_v \cdot \rho \cdot (v - v_0) = 0,0184 \cdot 1750 \cdot (0,8 - 0) = 25,8 \text{ N}$$

4.2.2. Odpor tření mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením

$\mu_1 = 0,6$ - součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem, volená hodnota v rozmezí $<0,7 - 0,9>$ dle normy [1]

- Urychlovací délka:

$$l_b = \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot g \cdot \mu_1} = \frac{0,8^2 - 0}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,6} = 0,054 \text{ m} = 54 \text{ mm}$$

$\mu_2 = 0,6$ - součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a bočnicemi, volená hodnota v rozmezí $<0,5 - 0,7>$ dle normy [1]

$b_1 = 0,5 \text{ m}$ - světlá šířka bočního vedení

$$F_f = \frac{\mu_2 \cdot Q_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l_b}{\left(\frac{v+v_0}{2}\right)^2 \cdot b_1^2} = \frac{0,6 \cdot 0,0184^2 \cdot 1750 \cdot 9,81 \cdot 0,054}{\left(\frac{0,8+0}{2}\right)^2 \cdot 0,5^2} = 4,7 \text{ N}$$

4.2.3. Odpor ohybu textilního pásu na bubnech

$B = 0,65 \text{ m}$ - šířka pásu

$F = 5000 \text{ N}$ - průměrný tah v pásu na bubnu (volená hodnota) dle normy [1]

$d = 0,007 \text{ mm}$ - tloušťka pásu

$D = 0,321 \text{ m}$ - průměr bubnu

$$F_l = 9 \cdot B \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{F}{B}\right) \cdot \frac{d}{D} = 9 \cdot 0,65 \cdot \left(140 + 0,01 \cdot \frac{5000}{0,65}\right) \cdot \frac{0,007}{0,321} = 27,7 \text{ N}$$

4.2.4. Odpor v ložiskách bubnu

$d_0 = 0,045 \text{ mm}$ - průměr hřídele v ložisku

$F_T = 5000 \text{ N}$ - vektorový součet tahů v pásu (volená hodnota)

$$F_t = 0,005 \cdot \frac{d_0}{D} \cdot F_T = 0,005 \cdot \frac{0,045}{0,321} \cdot 5000 = 3,5 \text{ N}$$

$$F_N = F_{ba} + F_f + F_l + F_T = 25,8 + 4,7 + 32,9 + 4,2 = 61,7 \text{ N}$$

4.3. Výpočet přídatných odporů

4.3.1. Odpor mezi dopravovanou hmotou a bočním vedením

$b_1 = 0,5$ - světlá šířka bočního vedení

$l = 0,6$ - délka bočního vedení

$$F_{gL} = \frac{\mu_2 \cdot Q_v^2 \cdot \rho \cdot g \cdot l}{v^2 \cdot b_1^2} = \frac{0,6 \cdot 0,0184^2 \cdot 1750 \cdot 9,81 \cdot 0,6}{0,8^2 \cdot 0,5^2} = 13,1 \text{ N}$$

4.3.2. Odpor čističe pásu

Pro čištění dopravního pásu jsem zvolil rotační čistící kartáč od firmy Metso.

$F_r = 100 \text{ N}$ – volená hodnota [1]

$$F_s = F_{gL} + F_r = 13,1 + 100 = 113,1 \text{ N}$$

4.4. Odpor k překonání dopravní výšky

$q_g = 40,25 \text{ kg/m}$ - hmotnost dopravovaného materiálu na 1 m pásu

$L = 13,876 \text{ m}$ - délka pásového dopravníku

$\delta = 25^\circ$ - úhel sklonu dopravníku

$$F_{st} = q_g \cdot (L \cdot \sin \delta) \cdot g = 40,25 \cdot (13,876 \cdot \sin 25) \cdot 9,81 = 2315,3 \text{ N}$$

$$F_u = F_H + F_N + F_s + F_{st} = 136,7 + 61,7 + 113,1 + 2315,3 = 2626,9 \text{ N}$$

5. Potřebný výkon pohonu a kontrola napětí v pásu

Pro následující výpočty jsem postupoval dle skript Dopravní a manipulační zařízení II. [19].

5.1. Výpočet výkonu poháněcího motoru

5.1.1. Provozní výkon na poháněcím bubnu

$F_u = 2626,9 \text{ N}$ - potřebná poháněcí síla na poháněcím bubnu

$v = 0,8 \text{ m/s}$ - rychlost pásového dopravníku

$$P_A = F_u \cdot v = 2626,9 \cdot 0,8 = 2101,5 \text{ W}$$

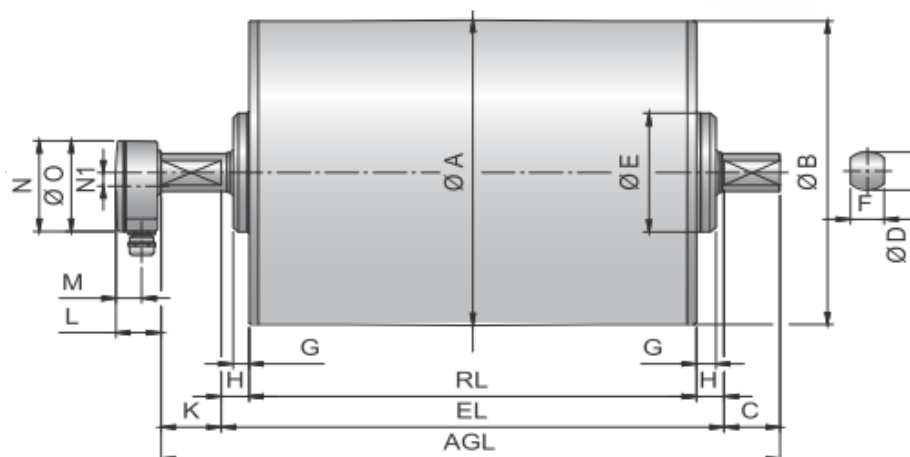
5.1.2. Provozní výkon poháněcího motoru

$\mu_1 = 0,9$ - součinitel tření mezi dopravovanou hmotou a pásem

$$P_M = \frac{P_A}{\mu_1} = \frac{2101,5}{0,9} = 2335 \text{ W} \cong 2,5 \text{ kW}$$

5.1.3. Volba poháněcího motoru

Jako pohon pásového dopravníku č. 2 jsem zvolil poháněcí buben s vnitřním elektrickým pohonem od firmy Rulmeca typ 320H.



Obr. 5.1 – Elektrobuben Rulmeca typ 320H [4]

Průměr bubnu D ₂ [mm]	Výkon bubnu P [kW]	Rychlost pásu v [m/s]	Otáčky bubnu n [ot/min]	Dovolená síla v pásu F [N]	Krouticí moment Mk [Nm]
320	5,5	0,8	48	6531	1045

Tab. 5.1 – parametry bubnového motoru

5.2. Síly v pásu

5.2.1. Tahová síla v odbíhající větvi pásu

$$F_u = 2626,9 \text{ N}$$

- celkový pohybový odpor

$$k_s = 1,3$$

- koeficient bezpečnosti, volená hodnota [-]

$$\mu = 0,37$$

- součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem

$$\varphi = 197^\circ = 3,438 \text{ rad}$$

- úhel opásání hnaného bubnu

$$F_o = F_u \cdot k_s \left(\frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} \right) = 2626,9 \cdot 1,3 \cdot \left(\frac{1}{e^{0,37 \cdot 3,438} - 1} \right) = 1329,7 \text{ N}$$

5.2.2. Tahová síla v nabíhající větvi pásu

$$F_n = F_o + F_u = 1329,7 + 2626,9 = 3956,6 \text{ N}$$

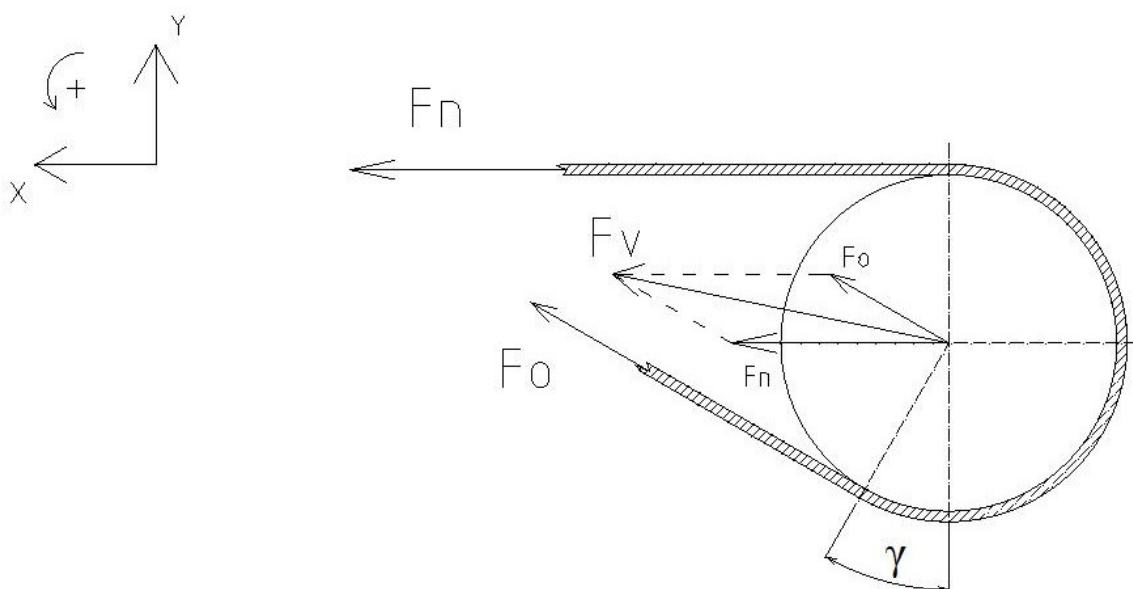
5.2.3. Doplnkový úhel

$$\gamma = \varphi - 180 = 197 - 180 = 17^\circ$$

5.2.4. Výpočet celkové tahové síly

$$\begin{aligned} F_v &= \sqrt{F_n^2 + F_o^2 + 2 \cdot F_n \cdot F_o \cdot \cos \gamma} \\ &= \sqrt{3956,6^2 + 1329,7^2 + 2 \cdot 3956,6 \cdot 1329,7 \cdot \cos 17^\circ} = 5242,6 \text{ N} \end{aligned}$$

Vypočtená hodnota tahové síly F_v je největší, budu ji tedy ve výpočtech používat jako výslednou sílu.



Obr. 5.2 – Schéma výsledného působení tahových sil v pásu na buben při provozu dopravníku

5.3. Kontrolní výpočty

5.3.1. Krouticí moment hnacího bubnu

$D = 0,32 \text{ m}$ - průměr hnacího bubnu

$M_k = 1045 \text{ Nm}$ - krouticí moment elektrobubnu

$$M_{sn} = F_v \cdot \frac{D}{2} = 5242,6 \cdot \frac{0,32}{2} = 838,8 \text{ N}$$

Elektrobuben je nakupovaná součást a výrobce garantuje jeho výkon a krouticí moment dle katalogového listu.

$$M_k > M_{sn}$$

$$1045 \text{ Nm} > 838,8 \text{ Nm}$$

Podmínka vyhovuje

5.3.2. Minimální tahová síla v pásu, pro přenos síly z bubnu na pás:

$F_u = 2626,9 \text{ N}$ - celkový pohybový odpor

$\mu = 0,37$ - součinitel tření mezi poháněcím bubnem a pásem

$\varphi = 197^\circ = 3,438 \text{ rad}$ - úhel opásání hnaného bubnu

$F_n = 3956,6 \text{ N}$ - síla v nabíhající větvi pásu

$F_o = 1329,7 \text{ N}$ - síla v odbíhající větvi pásu

$$F_2 = F_u \cdot \frac{1}{e^{\mu \cdot \varphi} - 1} = 2626,9 \cdot \frac{1}{e^{0,37 \cdot 3,438} - 1} = 1022,9 \text{ N}$$

$$F_n \wedge F_o > F_2$$

$$3956,6 \text{ N} \wedge 1329,7 \text{ N} > 1022,9 \text{ N}$$

Podmínka vyhovuje

5.3.3. Min. napínací síla v horní větvi pásu pro minimální průvěs pásu

$a_0 = 1,03 \text{ m}$	- rozteč horních válečkových stolic
$q_B = 4,03 \text{ kg/m}$	- hmotnost 1m dopravního pásu
$q_G = 40,25 \text{ kg/m}$	- hmotnost nákladu na 1m délky pásu
$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	- tíhové zrychlení
$(h/a)_{adm} = 0,018 \text{ m}$	- dovolený relativní průvěs pásu mezi válečky
$F_n = 3956,6 \text{ N}$	- síla v nabíhající větvi pásu

$$F_{h \min} = \frac{a_0 \cdot (q_B + q_G) \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} = \frac{1,03 \cdot (4,03 + 40,25) \cdot 9,81}{8 \cdot 0,018} = 3107,1 \text{ N}$$

$$F_n > F_{h \min}$$

$$3956,6 \text{ N} > 3107,1 \text{ N}$$

Podmínka vyhovuje

5.3.4. Min. napínací síla ve spodní větvi pásu, pro minimální průvěs pásu

$a_u = 5,14 \text{ m}$	- rozteč dolních válečkových stolic
------------------------	-------------------------------------

$$F_{s \min} = \frac{a_u \cdot q_B \cdot g}{8 \cdot \left(\frac{h}{a}\right)_{adm}} = \frac{5,14 \cdot 4,03 \cdot 9,81}{8 \cdot 0,018} = 1411,2 \text{ N}$$

5.3.5. Kontrola otlačení bubnu o pás

$F_v = 5242,6 \text{ N}$ - celková tahová síla

$B = 0,65 \text{ m}$ - šířka pásu

$D = 0,32 \text{ m}$ - průměr bubnu

$P_{dov} = 0,15 \text{ MPa}$ - dovolené namáhání dopravního pásu v tahu, hodnota ze skript [1]

$$p = \frac{F_v}{S} = \frac{F_v}{B \cdot D} = \frac{5242,6}{0,65 \cdot 0,32} = 0,025 \text{ Mpa}$$

$$p < p_{dov}$$

$$0,025 \text{ MPa} < 0,15 \text{ MPa}$$

Podmínka vyhovuje

5.3.6. Kontrola skutečného dopravovaného množství

$S = 0,023 \text{ m}^2$ - plocha průřezu dopravovaného materiálu

$v_s = 0,8 \text{ m/s}$ - skutečná rychlost dopravního pásu

$$Q_{Vs} = S \cdot v_s = 0,023 \cdot 0,8 = 0,0184 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{ms} = 3600 \cdot Q_{Vs} \cdot \rho = 3600 \cdot 0,0184 \cdot 1750 = 115920 \text{ kg/h} = 115,92 \text{ t/h}$$

$$Q_{ms} > Q_m$$

$$115,92 \text{ t/h} > 100 \text{ t/h}$$

Podmínka vyhovuje

5.3.7. Kontrola pevnosti dopravního pásu

$\sigma_{dov} = 200 \text{ N/mm}$ - pevnost dopravního pásu

$B = 650 \text{ mm}$ - šířka dopravního pásu

$T_{\max} = F_v = 5242,6 \text{ N}$ - celková tahová síla

$$F_{dov} = \sigma_{dov} \cdot B = 200 \cdot 650 = 130000 \text{ N}$$

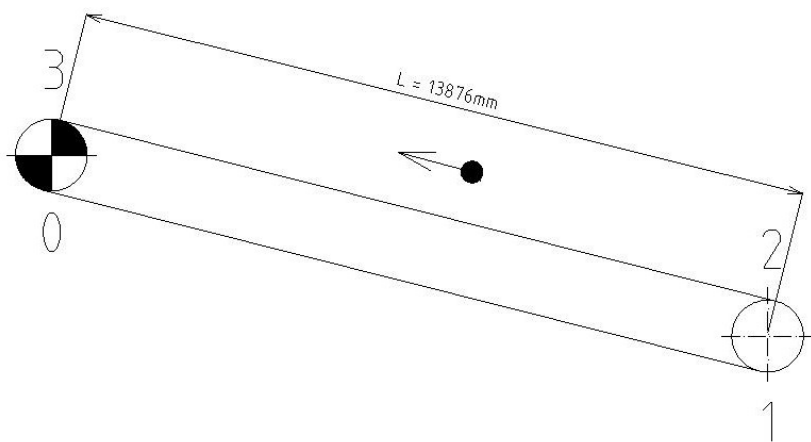
$$T_{\max} < F_{dov}$$

$$5242,6 \text{ N} < 130000 \text{ N}$$

Podmínka vyhovuje

5.4. Grafická metoda výpočtu

Grafickou metodu jsem vypracoval dle skript Dopravní a manipulační zařízení I [18].



Obr. 5.2 – schéma dopravníku č. 2

$$T_0 = F_o$$

5.4.1. Tah ve větvi 0-1:

- $f = 0,02$ - globální součinitel tření, dán normou [1]
 $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - gravitační zrychlení
 $L = 13,876 \text{ m}$ - délka dopravníku
 $\delta = 25^\circ$ - úhel sklonu dopravníku
 $q_b = 4,03 \text{ kg/m}$ - hmotnost 1m dopravního pásu
 $q_{ru} = 0,99 \text{ kg/m}$ - hmotnost rotujících válečků ve spodní větvi dopravníku

$$T_1 = F_o + (q_b + q_{ru}) \cdot g \cdot f \cdot L \cdot \sin \delta - q_b \cdot L \cdot \sin \delta \cdot g = F_o + (4,03 + 0,99) \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 13,876 \cdot \sin 25 - 4,03 \cdot 13,876 \cdot \sin 25 \cdot 9,81 = F_o - 226,1 \text{ N}$$

5.4.2. Tah ve větvi 1-2:

- $F_n = 61,7 \text{ N}$ - vedlejší odpory

$$T_2 = T_1 + F_n = F_o - 226,1 + 61,7 = F_o - 164,4 \text{ N}$$

5.4.3. Tah ve větvi 2-3:

- $q_g = 40,2 \text{ kg/m}$ - hmotnost dopravovaného materiálu na 1m pásu
 $q_{ro} = 5,4 \text{ kg/m}$ - hmotnost rotujících válečků v horní větvi dopravníku

$$T_3 = T_2 + (q_b + q_{ro} + q_g) \cdot g \cdot f \cdot L \cdot \sin \delta + (q_b + q_g) \cdot L \cdot \sin \delta \cdot g = F_o - 164,4 + (4,03 + 5,4 + 40,2) \cdot 9,81 \cdot 0,02 \cdot 13,876 \cdot \sin 25 + (4,03 + 40,2) \cdot 13,876 \cdot \sin 25 \cdot 9,81 = F_o + 2437,2 \text{ N}$$

5.4.4. Tah ve větvi 3-0:

$$F_1 = 61,7 \text{ N} \quad - \text{vedlejší odpory}$$

$$T_4 = T_3 + F_l = F_o + 2437,2 + 61,7 = F_o + 2498,9 \text{ N}$$

Největší tah je ve větvi 3-4, $T_4 = F = 2498,9 \text{ N}$

$$F = F_n - F_o = F_o + 2498,9 - F_o = 2498,9 \text{ N}$$

5.4.5. Celkové tahy v pásu

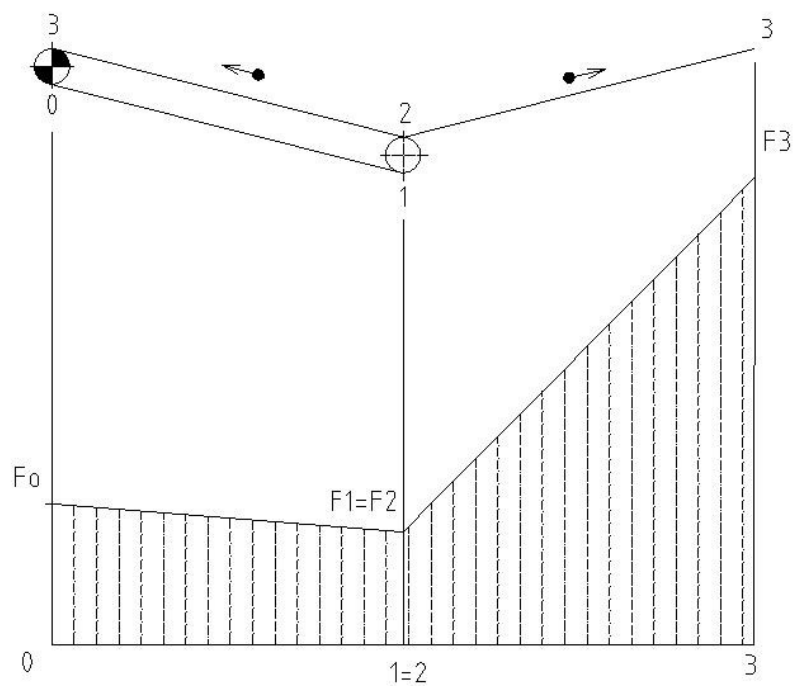
$$F_o = 1572,8 \text{ N}$$

$$T_1 = F_o - 226,1 = 1572,8 - 226,1 = 1346,7 \text{ N}$$

$$T_2 = F_o - 198,4 = 1572,8 - 164,4 = 1408,4 \text{ N}$$

$$T_3 = F_o + 512,2 = 1572,8 + 2437,2 = 4010 \text{ N}$$

$$T_4 = F_o + 5149,4 = 1572,8 + 2498,9 = 4071,7 \text{ N}$$



Obr. 5.3 – zakreslení tahu v pásu do grafu

6. Přehled ostatních dopravníků

Třídící linka štěrkopísku obsahuje celkem čtyři samostatné dopravníkové pásy pro dopravu materiálu pro drcení a třízení.

6.1. Dopravník č. 1

Dopravní pás č. 1 se využívá pro dopravu vytěženého štěrkopísku z násypky do kuželového drtiče. Podrobný výpočet pásového dopravníku č. 1 viz Příloha 1.

6.1.1. Tabulka vypočtených hodnot

Dopravní výkon Q :	100 t/hod
Délka dopravníku L :	4,8 m
Sklon pásu δ :	0°
Úhel válečků λ :	30°
Rychlost pásu v :	0,4 m/s
Celkový pohybový odpor F_u :	314,2 N
Provozní výkon poháněcího motoru P_M :	0,2 kW
Celková tahová síla F_v :	2013,9 N

Tab. 6.1 – vypočtené hodnoty

6.1.2. Tabulka zvoleného motoru

Pro pohon dopravního pásu č. 1 jsem zvolil elektrobuben, který nahradí původní elektromotor s převodovkou.

Zvolený elektrobuben: Rulmeca typ 220M [5]

Průměr bubnu D_2 [mm]	Výkon bubnu P [kW]	Rychlost pásu v [m/s]	Otáčky bubnu n [ot/min]	Dovolená síla v pásu F [N]	Krouticí moment M_k [Nm]
216	1,1	0,4	35	2623	282

Tab. 6.2 – parametry elektrobubnu

6.1.3. Tabulka pevnostních kontrol

Kontrola otlačení bubnu od pásu:	$p = 0,0121 \text{ MPa} < P_{\text{dov}} = 0,15 \text{ MPa}$	Vyhovuje
Kontrola pevnosti pásu:	$T_{\text{max}} = 1701 \text{ N} < F_{\text{dov}} = 162500 \text{ N}$	Vyhovuje

Tab. 6.3 – Pevnostní kontroly pásu a bubnu

6.1.4. Tabulka reálných parametrů

Skutečné dopravované množství:	$Q_{\text{ms}} = 107,4 \text{ t/h} > Q = 100 \text{ t/h}$	Vyhovuje
Reálná rychlost pásu v_s :	0,4 m/s	

Tab. 6.4 – Reálné parametry pásu

6.2. Dopravník č. 3

Dopravní pás č. 3 se využívá pro dopravu velmi hrubé frakce šterkopísku zpět do násypky, pro opětovné zpracování v kuželovém mlýnu. Dopravník č. 3 je umístěn hned vedle vibrační třídičky šterkopísku. Podrobný výpočet pásového dopravníku č. 3 viz Příloha 2.

6.2.1. Tabulka vypočtených hodnot

Dopravní výkon Q :	40 t/hod
Sklon pásu δ :	8°
Délka dopravníku L :	17,2 m
Úhel válečků λ :	25°
Rychlost pásu v :	0,35 m/s
Obvodová síla F_u :	1198,6 N
Provozní výkon poháněcího motoru P_M :	0,5 kW
Největší napínací síla pásu F_v :	4200,1 N

Tab. 6.5 – vypočtené hodnoty

6.2.2. Tabulka zvoleného motoru

Pro pohon dopravního pásu č. 3 jsem zvolil také elektrobuben, který nahradí původní elektromotor s převodovkou.

Zvolený elektrobuben: Rulmeca typ 320M [4]

Průměr bubnu D_2 [mm]	Výkon bubnu P [kW]	Rychlost pásu v [m/s]	Otáčky bubnu n [ot/min]	Dovolená síla v pásu F [N]	Krouticí moment M_k [Nm]
320	1,5	0,32	19	4436	712

Tab. 6.6 – parametry elektrobubnu

6.2.3. Tabulka pevnostních kontrol

Kontrola otláčení bubnu od pásu:	$p = 0,0341 \text{ MPa} < P_{\text{dov}} = 0,15 \text{ MPa}$	Vyhovuje
Kontrola pevnosti pásu:	$T_{\text{max}} = 2699,4 \text{ N} < F_{\text{dov}} = 125000 \text{ N}$	Vyhovuje

Tab. 6.7 – Pevnostní kontroly pásu a bubnu

6.2.4. Tabulka reálných parametrů

Skutečné dopravované množství:	$Q_{\text{ms}} = 45,2 \text{ t/h} > Q = 40 \text{ t/h}$	Vyhovuje
Reálná rychlost pásu v_s :	0,32 m/s	

Tab. 6.8 – Reálné parametry pásu

6.3. Dopravník č. 4

Pásový dopravník č. 4 je určený pro odvod vytríděné středně jemné frakce šterkopísku na izolovanou kupu. Dopravník je umístěný hned vedle vibrační třídičky. Podrobný výpočet pásového dopravníku č. 4 viz Příloha 3.

6.3.1. Tabulka vypočtených hodnot

Dopravní výkon Q:	100 t/hod
Sklon pásu δ :	5°
Délka dopravníku L:	7 m
Šířka pásu B:	0,65 m
Úhel válečků λ :	20°
Rychlost pásu v:	0,5 m/s
Obvodová síla F_u :	664,2 N
Provozní výkon poháněcího motoru P_M :	0,4 kW
Největší napínací síla pásu F_v :	5700 N

Tab. 6.9 – vypočtené hodnoty

6.3.2. Tabulka zvoleného motoru

Pro pohon dopravního pásu č. 4 jsem zvolil také elektrobuben, který nahradí původní elektromotor s převodovkou.

Zvolený elektrobuben: Rulmeca typ 320H [4]

Průměr bubnu D_2 [mm]	Výkon bubnu P [kW]	Rychlost pásu v [m/s]	Otáčky bubnu n [ot/min]	Dovolená síla v pásu F [N]	Krouticí moment M_k [Nm]
320	3	0,5	30	5700	912

Tab. 6.10 – parametry elektrobubnu

6.3.3. Tabulka pevnostních kontrol

Kontrola otláčení bubnu od pásu:	$p = 0,0264 \text{ MPa} < P_{\text{dov}} = 0,15 \text{ MPa}$	Vyhovuje
Kontrola pevnosti pásu:	$T_{\text{max}} = 4088 \text{ N} < F_{\text{dov}} = 162500 \text{ N}$	Vyhovuje

Tab. 6.11 – Pevnostní kontroly pásu a bubnu

6.3.4. Tabulka reálných parametrů

Skutečné dopravované množství:	$Q_{\text{ms}} = 115,6 \text{ t/h} > Q = 100 \text{ t/h}$	Vyhovuje
Reálná rychlost pásu v_s :	0,5 m/s	

Tab. 6.12 – Reálné parametry pásu

7. Navrhované konstrukční změny

V diplomové práci se zabývám rekonstrukcí stávající linky třídičky šterkopísku. Je vhodné zaměnit určité komponenty za novější a tím zvýšit efektivitu jak v dopravovaném množství materiálu, tak i energetickou. Tím, že linka je již existující, musí být tyto změny efektivní, ale nesmí měnit komplexní funkčnost linky.

U všech stávajících dopravníkových pásů můžeme změnit typ pohonu. Stávající koncepci „elektromotor – převodovka – hnací buben“ můžeme vyměnit za novější hnací buben, který obsahuje elektromotor i převodovku ve svém nitru. Tento typ elektrobubnu je kompaktnější, méně prostorově náročný a jeho údržba je jednodušší. Ani jeho výměna není náročná. Každý elektrobuben má své speciální úložné konzole, které se mohou snadno namontovat na stávající konstrukci. Pro linku třídičky šterkopísku jsem volil výrobce elektrobubnu firmu RULMECA HOLDING S.p.A., jehož elektrobubny vyhovují jak z hlediska výkonnostního (výkon elektromotoru, krouticí moment), tak i z hlediska konstrukčního (velikost, vyměnitelnost).

7.1. Konstrukční změny u dopravního pásu č. 1

Dopravní pás č. 1 slouží jako podavač pro kuželový mlýn. Po provedení výpočtu dle normy ČSN ISO 5048 jsem zvolil poháněcí elektrobuben typu 220M o výkonu 1,1 kW a krouticím momentu 282 Nm. Z důvodu změny poháněcího bubnu se musí změnit i jeho uložení na konstrukci dopravníku. Celý dopravní pás je konstruován jako tzv. „tažný dopravní pás“ a tím pádem se poháněcí buben nachází blíže kuželovému mlýnu. Tento buben je přes speciální konzole připevněn přímo na konstrukci dopravníku. Konzole dodává výrobce elektrobubnu. Aby byla zachována správná výška pásu, musíme konzole ještě podložit plochou tyčí o rozměrech 40x16x190 mm ČSN 42 5522 z materiálu S235JR [1].

Vratný buben se nachází blíže násypky a je zároveň vybaven napínacím zařízením. Toto napínací zařízení je původní a nic se na něm měnit nemusí.

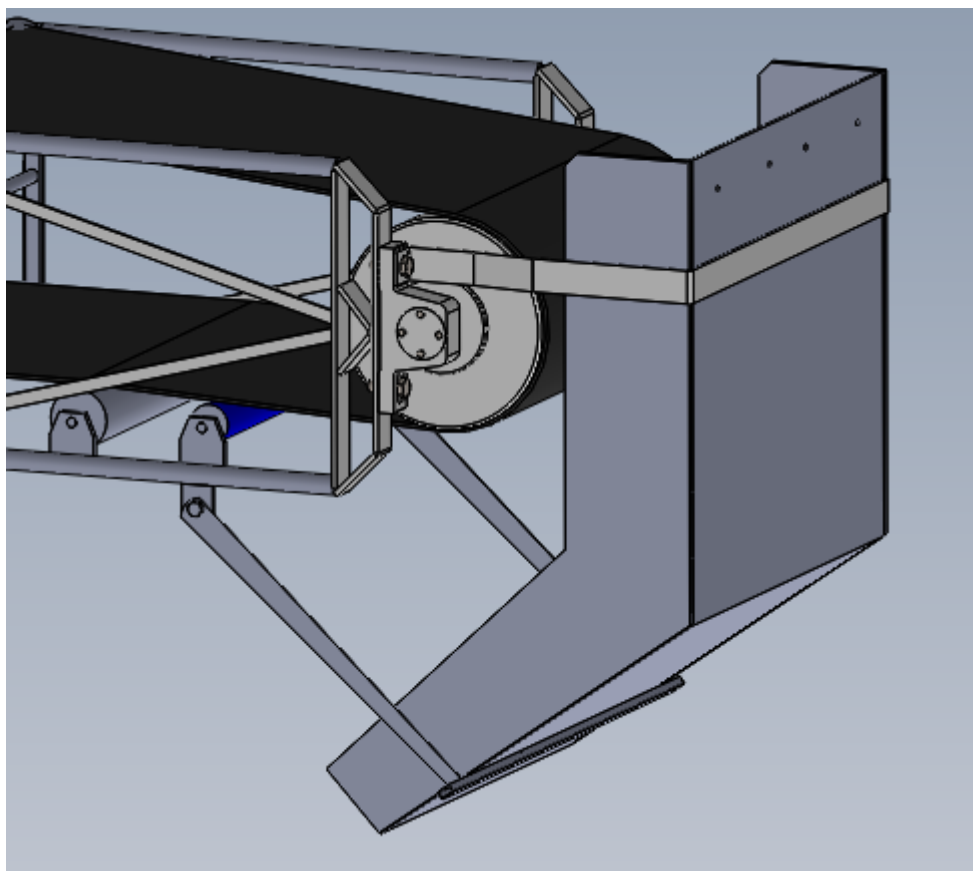
Dopravní pás č. 1 jsem také osadil stěračem pásu. Ten zajistí čistotu dopravního pásu a tím zvýší jeho životnost. Stěrač pásu je umístěn hned za poháněcím bubnem tak, aby zbytky přilepeného materiálu na páse padali přímo do kuželového mlýna. Zvolil jsem stěrač pásu od firmy Metso Minerals a to typ Trellex Pre-Cleaners ABC 90. Stěrač je ke konstrukci připevněn pomocí čtyř šroubů M10 x 50 ČSN EN ISO 4014 [2]. Stěrač je situován proti pohybu pásu a přítlak na páse je zabezpečen pomocí pružiny, která je součástí samotného stěrače.

7.2. Konstrukční změny u dopravního pásu č. 2

Dopravní pás č. 2 slouží k odběru rozdrčeného štěrkopísku kulovým mlýnem a dopravuje ho k vibrační třídičce. Tento dopravní pás je z celé linky nejsložitější a to z důvodu své délky a sklonu. To byl také důvod, proč byl vybrán k detailnějšímu výpočtu.

Jako u všech dopravních pásů, které linka obsahuje, jsem i tady vyměnil poháněcí buben. Zvolil jsem elektrobuben typu 320H o výkonu elektromotoru 5,5 kW a krouticím momentu 1045 Nm. Tento elektrobuben jsem zvolil z důvodu vysoké dovolené síly v pásu. Z výpočtu vyšla napínací síla 5238,8 N a tento elektrobuben vydrží maximální dovolené napětí v pásu 6351 N, které garantuje výrobce.

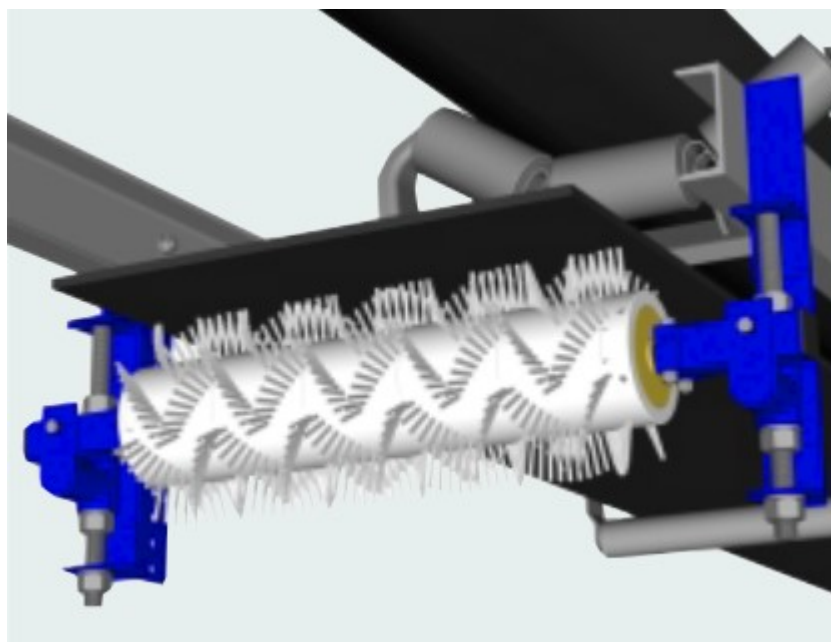
Nový elektrobuben je situován nahoře u vibrační třídičky. Je nutné upravit samotnou konstrukci dopravníku, abychom mohli nový elektrobuben ke konstrukci přichytit. K tomuto účelu bylo navrženo nové ukončení rámu tak, abychom mohli pohodlně přichytit konzole elektrobubnu. Ke koncovému poli rámu byly také přidány dvě výztuže, které pomohou lépe přenést reakční sílu od síly v pásu do samotného rámu dopravníku. Elektrobuben je standardně uchycen ve svých konzolách přímo od výrobce.



Obr. 7.1 – detailní pohled na pohon dopravníku č. 2

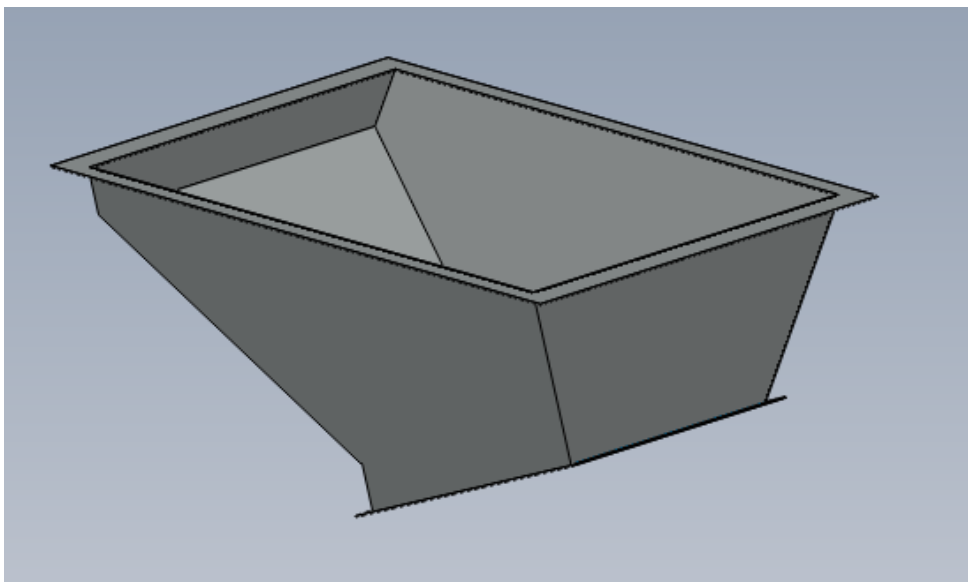
Z důvodu vysokého úhlu dopravního pásu, který svírá dopravník se zemí, se musí vyměnit samotný dopravní pás. Nový dopravní pás je opatřen šípovými drážkami, které zabrání skluzu dopravovaného štěrkopísku zpět k násypce. Tyto šípové drážky jsou přizpůsobeny k tomu, aby mohly být použity i u dopravníků se šikmými válečky.

Dopravní pás č. 2 byl také vybaven rotačním stěračem pásu. Tento rotační stěrač byl zvolen z důvodu profilovaného dopravního pásu, u kterého nejde využít klasických lištových stěračů. Rotační stěrač jsem volil od firmy Metso Minerals typ Trellex Modular Belt Brush ABC 6-12. Rotační stěrač je přichycen přímo k rámu dopravníku hned za poháněcím elektrobubnem. Stěrač je podobné konstrukce jako samotný elektrobuben. Také obsahuje elektromotor a převodovku ve svém nitru a tak je kompaktní a nezabírá moc místa. Jeho poloha za elektrobubnem je výhodná z důvodu elektrického rozvodu, který už musí být připravený pro pohon samotného dopravníku.



Obr. 7.2 – rotační čistič pásu [6]

Pro lepší efektivitu nakládání dopravníku č. 2 byla pod kuželový mlýn přidána nová násypka. Ta je zkonstruována pomocí ohýbaných plechů do požadovaného tvaru tak, aby se vlezla přímo pod mlýn a usměrňovala tok rozdrceného materiálu přímo na dopravní pás. Zabrání se tak zbytečným ztrátám na materiálu a zvýší se efektivita nakládání. Samotná násypka je přichycena k rámu kuželového mlýnu pomocí ohýbaných profilů.



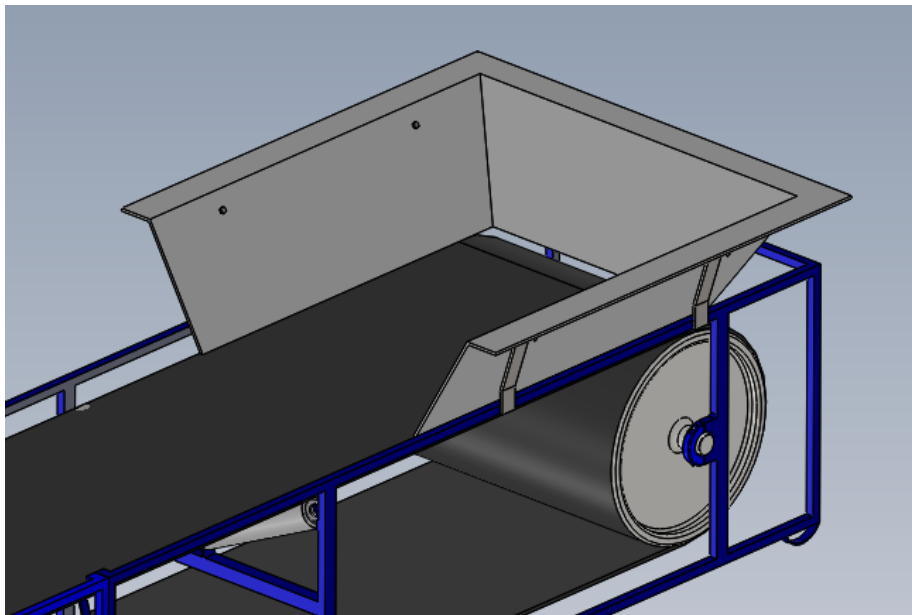
Obr. 7.3 – malá násypka

7.3. Konstrukční změny u dopravního pásu č. 3

Pásový dopravník č. 3 odvádí vytrízenou nevyhovující hrubou frakci zpět do násypky. Na dopravní pás padá hrubá frakce pomocí skluzu, který nasměruje materiál přímo na pás. U dopravního pásu č. 3 se také vymění starý poháněcí buben za elektrobuben. Z výpočtu dle normy [1] byl zvolen elektrobuben typu 320M o výkonu 1,5 kW a kroticímú momentu 712 Nm.

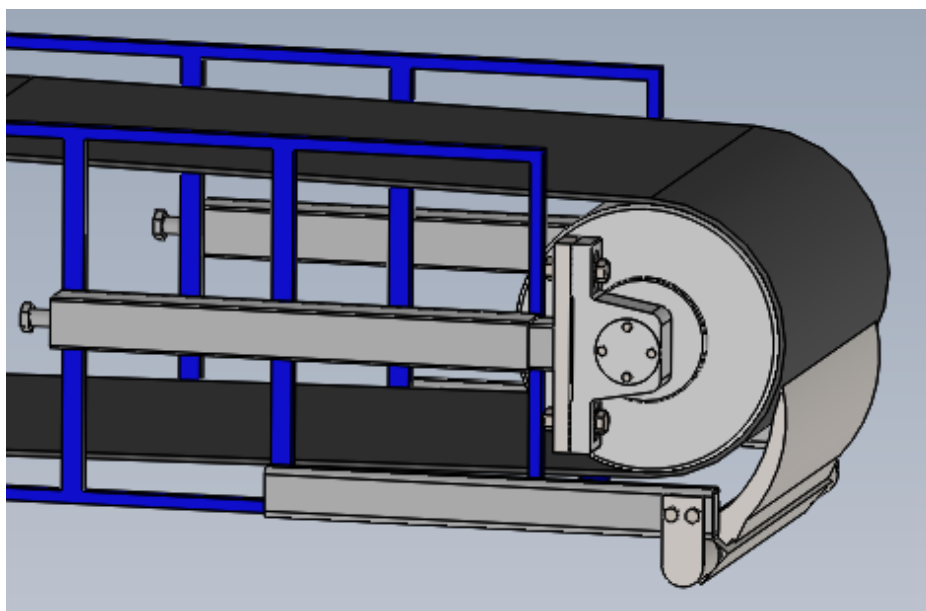
Z důvodu výměny poháněcího bubnu se musí i konstrukčně změnit jeho uchycení na samotném nosném rámu dopravníku. Napínací zařízení je u tohoto dopravního pásu se nachází na straně poháněcího bubnu. Napínací zařízení je vyřešeno pomocí čtvercového profilu 60x60x3 mm ČSN 42 5720 [2] a v něm se pomocí tlačného šroubu pohybuje vnitřní napínací člen, který odtlačí celý poháněcí elektrobuben.

Pro lepší efektivitu nakládání materiálu byl dopravní pás vybaven násypkou, která zabrání vypadávání nakládaného materiálu mimo pás. K rámu dopravního pásu č. 3 je přichycena pomocí čtyř držáků, které jsou přivařeny k rámu.



Obr. 7.4 – násypka pro dopravní pás č. 3

Dopravní pás č. 3 je také vybaven stěračem pásu. Ten je uchycen hned za hnacím bubnem na vratné větvi pásu. Použil jsem stejný typ stěrače pásu, jako u dopravního pásu č. 1 a to stěrač firmy Metso Minerals typu Trellex Pre-Cleaners ABC 90. Stěrač pásu je přichycen na obdélníkovém profilu 60x30x3 ČSN 426935 a materiálu S235JRH, který je přivařen k rámu dopravníku.



Obr. 7.5 – stěrač pásu

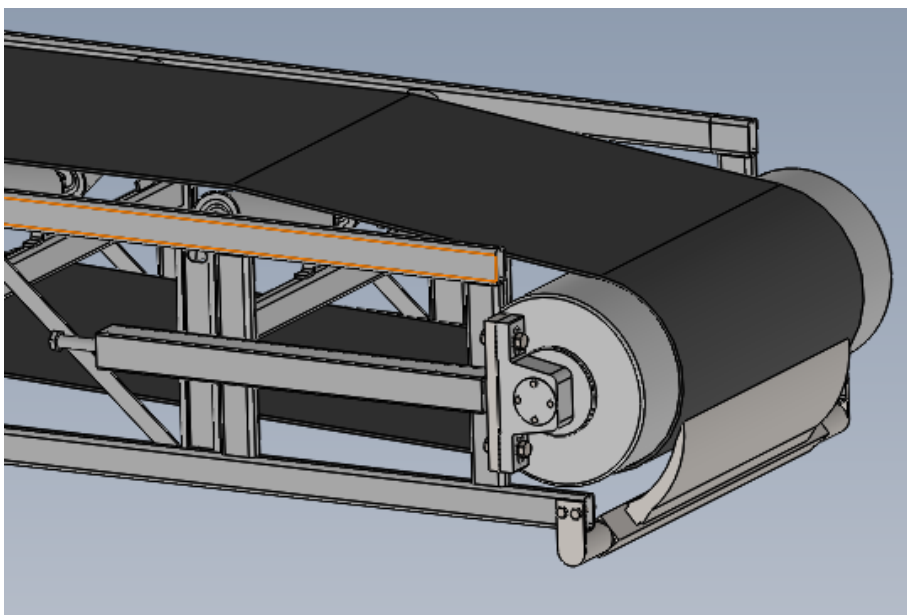
7.4. Konstrukční změny u dopravního pásu č. 4

Dopravní pás č. 4 slouží k odvodu vytržené středně jemné frakce šterkopísku. Nakládání pásového dopravníku je uskutečněno přes skluz, který je upevněný na rámu vibrační třídičky. Tento skluz navede materiál na pás v místech, kde jsou další redukční plechy umístěny tak, aby materiál dopadal na pás co nejlépe a neodskakoval mimo samotný pás.

Největší změnou na tomto dopravním pásu je výměna starého hnacího bubnu. Z výpočtů dle normy [1] byl zvolen elektrobuben typu 320H o výkonu 3kW a krouticím momentu 920 Nm.

Napínání u tohoto dopravníku je vyřešeno pomocí napínacího šroubu, který je uchycen ve čtvercovém profilu 60x60x3 mm ČSN 42 5720 [2]. Šroub tlačí na vnitřní, pohyblivou část napínáku a na tu je přes redukci přichycen držák samotného elektrobubnu. K tomuto přichycení jsou použity šrouby M16 x 65 ČSN EN ISO 4014 [2], které jsou určený přímo výrobcem.

Jako u všech předešlých dopravních pásů je i tento vybaven stejným stěračem pásu typu Trellex Pre-Cleaners ABC 90 firmy Metso Minerals. Stěrač je umístěn hned za hnacím elektrobubnem a je přichycen na prodloužený rám dopravníku pomocí čtyř šroubů M10 x 50 ČSN EN ISO 4014.



Obr. 7.6 – elektrobuben dopravníku č. 4

8. Závěr

Ve své diplomové práci jsem se věnoval návrhu konstrukčních změn pro rekonstrukci existující linky třídičky šterkopísku. Firma Sušárny Kratonohy a.s. těží říční šterkopísek, který následně drtí a třídí na tři různé frakce podle hrubosti. Linka byla zprovozněna již před asi 20 lety, a tak se rozhodli ji modernizovat a optimalizovat. Dle přání zadavatele jsem měl navrhnout konstrukční změny tak, aby se nemuseli měnit nosné konstrukce dopravních pásů.

V první řadě jsem provedl výpočet dle normy ČSN ISO 5048 [1], abych zjistil neoptimálnější rychlost dopravního pásu a další potřebné parametry jako největší sílu v pásu, potřebný výkon elektromotoru na hnacím bubnu a krouticí moment na hnacím bubnu. Dle těchto parametrů jsem se rozhodl pro použití jiného typu hnacího ústrojí než je stávající koncepce „elektromotor – převodovka – buben“.

Rozhodl jsem se použít hnací buben, který má ve svém nitru elektromotor i s převodovkou. Hnací elektrobuben jsem volil od firmy Rulemeca Holding S.p.A z důvodu vysoké variability vyráběných elektrobubnů. Pro celou linku jsem volil dva různé průměry elektrobubnu a to 220 mm a 320 mm. Pro každý dopravník vyšel jiný výkon elektromotoru i krouticí moment, ale jelikož firma Rulemeca vyrábí velkou škálu těchto elektrobubnů, tak není problém zvolit ten neoptimálnější.

Pro reprezentativní výpočet dle normy [1] jsem zvolil dopravní pás č. 2, který dopravuje rozdrčený šterkopísek od kuželového mlýna k vibrační třídičce. Tento dopravní pás je nejnáročnější z důvodu jeho vysokého sklonu pásu vůči dopravovanému materiálu. Tento problém jsem vyřešil použitím profilovaného dopravního pásu, který může být použit i na dvouválečkové trati.

Pro lepší efektivitu nakládání na pás jsem navrhnul násypku, která se umístí pod kuželový mlýn, čímž dosáhnu lepšího nakládání materiálu na pás.

Největší konstrukční změny u všech dopravních pásů se týkaly osazení nového poháněcího elektrobubnu na stávající konstrukci rámu. Elektrobubny mají své specifické konzole, a proto jsem musel upravit konstrukci rámu tak, abych docílil stabilní polohy bubnu a zároveň využil co nejvíce ze stávajícího rámu.

Dalším vylepšením u všech dopravních pásů je použití stěrače pásu. U dopravních pásů č. 1., 3. a 4. jsem použil stěrač typu Trellex Pre-Cleaners ABC 90 firmy Metso Minerals. Tento stěrač pásu je specifický tím, že je situován proti pohybu pásu.

U dopravního pásu č. 2 jsem z důvodu profilového pásu použil rotační čistič pásu firmy Metso Minerals typu Trellex Modular Belt Brush ABC 6-12. Dopravní pás č. 3 jsem také osadil násypkou, která zabrání vypadávání materiálu v oblasti urychlování dopravním pásem.

Seznam použité literatury:

- [1] *Pásové dopravníky s nosnými válečky: Výpočet výkonu a tahových sil*. 1994. Praha: Český normalizační institut, 1994.
- [2] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *STROJNICKÉ TABULKY: Čtvrté doplnění vydání*. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [3] Katalog pryžových pásů profilovaných 2016. *Katalog pryžových pásů profilovaných 2016* [online]. 2016, **2016**(-), 61 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.flexco.cz/download/pdf_soubory/Katalog%20pry%20p%20C5%BEov%20C3%BDch%20p%20C3%A1s%20C5%AF%20profilovan%20C3%BDch%202016.pdf
- [4] Motorized Pulley 320L, 320M & 320H. *Motorized Pulley 320L, 320M & 320H* [online]. 2016, **2016**(-), 1 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://download.rulmeca.it/catalogo/serie_eng/3%20Drawings_320L,%20320M%20&%20320H.pdf
- [5] Motorized Pulley 220M & 220H. *Motorized Pulley 220M & 220H* [online]. 2016, **2016**(-), 2 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://download.rulmeca.it/catalogo/serie_eng/4%20Tables_220M%20&%20220H.pdf
- [6] *Trellex® Modular Belt Brush 138 E: Conveyor Solutions* [online]. 2010 - 2011. Sweden: Metso, 2011 [cit. 2016-05-01]. ISBN 2506-09-10-MBL/Trelleborg. Dostupné z: [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/52044836F7D9DB78C225779F004734D6/\\$File/2518%20Trellex%20Belt%20Cleaning_EN.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/52044836F7D9DB78C225779F004734D6/$File/2518%20Trellex%20Belt%20Cleaning_EN.pdf)
- [7] Kuhn-nt.com. *Přehled pásových hydraulických rýpadel KOMATSU* [online]. Německo: Kuhn-nt, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.kuhn-mt.cz/cz-cz/databases/root-cz/construction-machines/products/komatsu/pasova-rypadla.html?ebenen=7-80-728-----&iframe_from_page=728
- [8] <http://www.infoglobe.cz/>. *Info Globe* [online]. Praha: www.infoglobe.cz, 2010 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.infoglobe.cz/zajimavosti/vite-ze-nej-stroj-cr/>
- [9] Remot MZ. *Remot MZ* [online]. Praha: Remot MZ, 2006 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.remot-mz.cz/tezební-stroje/saci-bagr.php>
- [10] Pro Sand Engineering. <http://www.prosand.cz/> [online]. Praha: Pro Sand Engineering s.r.o., 2015 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.prosand.cz/plovouci-pasovy-dopravnik.php>
- [11] Parostroj.net. *Parostroj* [online]. Praha: Parostroj, Praha [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.parostroj.net/katalog/nv/clanky/Faccs_Sas/Faccs_Sas.php3
- [12] Weczerek. *Weczerek.cz* [online]. Praha: Weczerek, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.weczerek.cz/?clanek=4>
- [13] GTK. *GTK* [online]. Praha: GTK, 2012 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.gktupesy.cz/index.php?page=dopravníky&dopravník=ldb&language=cz>
- [14] Flexco: DvB-AF. *Flexco.cz* [online]. Hradec nad Moravicí: Flexco, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.flexco.cz/produkty/dopravníkové-pasy-pryze/>

- [15] Stavební technika. *Stavební technika* [online]. Praha: Vega, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://stavebni-technika.cz/clanky/velkokapacitni-tridici-sita-znacky-zemmler>
- [16] Cz-screen. *CZ SCREEN* [online]. Praha: Cz-Screen, 2013 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://cz-screen.webnode.cz/album/fotogalerie-tridicka-ms-2800/#ms2800-jpg>
- [17] Třídíčky. *Třídíčky s.r.o.* [online]. Boskovice: Třídíčky, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://tridicky.cz/vibracni-podavac.html>
- [18] POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. *Dopravní a manipulační zařízení I.* [online]. 1. Ostrava: Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001 [cit. 2016-05-10]. ISBN 80-7226-221-1. Dostupné z: http://www.342.vsb.cz/pol25/Polak_DaMZ_1_NP.pdf
- [19] POLÁK, Jaromír, Karel BAILOTTI, Jiří PAVLISKA a Leopold HRABOVSKÝ. *Dopravní a manipulační zařízení II.* [online]. 1. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003 [cit. 2016-05-10]. ISBN 802480493X, 9788024804934. Dostupné z: http://www.342.vsb.cz/pol25/Polak_DaMZ_1_NP.pdf

Seznam výkresů:

- Třídící linka – sestava	STOK001
- Třídící linka - kusovník	STOK001-K
- Dopravník č. 1 – sestava	STOK002
- Dopravník č. 1 – kusovník	STOK002-K
- Dopravník č. 2 – sestava	STOK003
- Dopravník č. 2 - kusovník	STOK003-K
- Dopravník č. 3 – sestava	STOK004
- Dopravník č. 3 – kusovník	STOK004-K
- Dopravník č. 4 – sestava	STOK005
- Dopravník č. 4 – kusovník	STOK005-K

Seznam příloh:

- Příloha č. 1 – Výpočet dopravníku č. 1
- Příloha č. 2 – Výpočet dopravníku č. 3
- Příloha č. 3 – Výpočet dopravníku č. 4
- Vypracovaná diplomová práce na CD nosiči